中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）44(2)：93～100（1995）

# 玉米、大芻草及其雜交種之分櫱性、再生能力與一些重要農藝性狀之研究[1]

謝光照　盧煌勝[2]

**摘要**：臺灣牧草生產，夏季充裕而多季不足，如何善用種原以育成可供多季生產之青割玉米品種，是值得研究的課題。本試驗以一年生大芻草 TeA（*Euchlaena mexicana,* 2n＝20），多年生大芻草 TeP（*Zea diploperennis,* 2n＝20）、玉米自交系 B77（*Zea mays,* 2n＝20）及其雜交種爲材料，進行分櫱性及再生能力等農藝性狀之探討。結果顯示，在秋作環境下，TeA 比 TeP 有較多之早期分櫱數，而在抽穗期之分櫱數則相近；主莖上著生雌穗之節數，TeA 及 TeP 均比B77多；出土後60天之乾物重及出土後30天之作物生長速率（crop growth rate, CGR）均以TeA最大，其次爲 B77，最小者爲TeP。B77 × TeA 及 B77 ×TeP 均比 TeA 或 TeP 具有較少之分櫱數，且主莖上著生雌穗之節數也較少；雜交種比其兩親本具有較大的乾物重及 CGR。TeA × TeP 之早期分櫱數及主莖節數均比親本多，且較親本晚開花及吐絲，出土後60天之乾物重及出土後30天之 CGR 表現則較親本差。吐絲期青割後之再生能力，親本以 TeP 最高，其次爲 TeA，B77 則無再生力；雜交種再生力的表現，以 TeA×TeP 最好，其次爲 B77×TeP，而 B77×TeA 並無任何再生芽出現。

**關鍵詞**：玉米、大芻草、再生力。

玉米爲最優良的青割飼料作物之一，隨著畜牧事業的發展，其用途及需要與日俱增。正常環境下，栽培種玉米品種並不分櫱，且於營養生長期收割後，復生能力極弱。大芻草可分爲：(1)一年生大芻草（Annual, *Euchlaena mexicana,* 2n＝20），(2)多年生四倍體大芻草（Perennial tetraploid, *Zea perennis,* 2n＝40），(3)多年生二倍體大芻草（Perennial diploid, *Zea diploperennis,* 2n＝20）。一年生大芻草是玉米的近緣物種，其生長似野生或半野生雜草，原產於 Mexico 及 Guatemala[9,17]。Paulis and Wall[12]及 Ilits and Doebley[7]更進一步指出，一年生二倍體大芻草是玉米的祖先。比較一年生與多年生大芻草，顯示一年生大芻草具有較強健的生育特性，直立，多分櫱，植株高大，莖稈較粗，葉片較寬長，雄穗花序大且分枝多，具短日性，必須在13小時的短日下經30天才開花[3,8]。

大芻草因其分櫱頗多，且刈割後能復生，故爲一重要青刈型牧草，但缺點爲初期生長緩慢。一年生大芻草、多年生大芻草與玉米雜交均可結實產生後代[4,5,11,18]；多年生大芻草與玉米之雜交種，其植株之生長特性介於兩親之間，通常基部會長出分櫱芽，呈現較弱之多年生性[5]，雜交種植株刈割後之再生能力稍弱，開花習性變爲不定日照型[15]。大芻草子粒內具有重要之抗蟲成分甲硫

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1781 號。
2. 本所農藝系助理研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

胺酸（methionine）含量較玉米高出二倍[10]，因此，經由雜交或可將大芻草之抗蟲性、多年生及多分櫱等優良特性與玉米之高產因子相結合，以利發展新的青割或青貯作物品種。

本試驗之目的即在瞭解玉米、一年生與多年生大芻草及其雜交種之生育特性，以便作爲遺傳研究及育種改良上之參考。

## 材料與方法

本試驗所使用的材料有栽培種玉米自交系 B77、一年生大芻草 TeA（*Euchlaena mexicana,* 2n＝20）、多年生大芻草 TeP（*Zea diploperennis,* 2n＝20）及其相互間之雜交種等共計有六個參試品系。B77 分離自 W. L. Brown Pioneer 2-ear Composite，屬早熟馬齒種。1991年 9 月19日播種於農試所試驗田，田間採逢機完全區集設計，三行區、四重複，行長5.5m，行株距爲 75×20cm，兩粒播，出土後二週間苗，每穴僅留一株。基肥以台肥39號複合肥料（N：$P_2O_5$：$K_2O$＝12：18：12）每公頃施500kg，於播種前施入播種溝內，澆水後再播種。追肥於播種後 2 個月，以硫酸銨（N＝21%）每公頃施450kg。生育期間於10月23日及11月 8 日各灌水一次。所調查之性狀包括早期分櫱數、抽穗期分櫱數、開花期、吐絲期、主莖著生雌穗之節數、主莖總節數、乾物重及作物生長速率。各項性狀之調查方法如下：

1. 早期分櫱數（tillers at early stage-TES）：於出土後 4 週，每小區逢機選20株，調查單株之分櫱數，以平均值表示之。
2. 抽穗期分櫱數（tillers at tasseling stage-TTS）：於主莖抽穗期，每小區逢機選20株，調查其總分櫱數，以平均值表示之。
3. 開花期（days to tasseling-DTT）：小區中有50%以上植株之主莖達雄穗開花時所需之天數。
4. 吐絲期（days to silking-DTS）：小區中有50%以上植株之主莖達雌穗吐絲時所需之天數。
5. 主莖著生雌穗之節數（no. of ear-bearing-node at main stalk-EBNMS）：每小區逢機選20株，調查其植株主莖上著生雌穗的節位之數目。
6. 主莖總節數（no. of node at main stalk-NMS）：每小區逢機選20株，調查其植株地表面以上主莖之總節數。
7. 乾物重（dry weight-DW）：於出土後60天，每小區逢機割取10株，置於70°C之烘乾機中烘七天，再稱其乾重，以 g 表示。
8. 作物生長速率（crop growth rate-CGR）：由出土後30天之乾物重換算爲單株每天之乾物重增加速率，以 g/plant-day 表示。

所得之數據進行變方分析及平均值顯著性比較，同時計算平均雜種優勢率（heterosis, $H_1$）及雜種潛勢率（heterobeltiosis, $H_2$），$H_1$＝（$F_1-\overline{MP}$）／$\overline{MP}\times100$ ，$H_2$＝（$F_1-HP$）／$HP\times100$ $F_1$ 爲雜交種，$\overline{MP}$爲兩親本平均值，HP 爲較高親本值[6]。

## 結果與討論

大芻草是玉米的近緣物種，與栽培種玉米在植株外型上有明顯差別[17]。本研究中之觀察結果，幼苗期的玉米葉片較大，植株較粗壯，生長亦較快速；大芻草幼苗細瘦苗條，葉片狹小，類似雜草，但具有分櫱性。至開花期的成株而言，玉米雄穗呈一大串，具有一至二個雌穗，果穗較大；大芻草多分櫱，每一分櫱芽會產生一個雄穗，花序較小，大部份節位均具有雌穗，屬多穗型，果穗外型爲單子粒成串併連。相對於多年生大芻草，一年生大芻草具有較強健的生育特性，其植株直立，多分櫱，高大且莖稈較粗，葉片寬且長，雄花序大而多分支，具短日性，在臺中地區每年僅在10月中旬左右開花，開花結實後於11月底即開始枯死，無越冬能力，一般僅能以種子繁殖。多年生大芻草之植株矮小，分櫱性稍弱，莖稈更細，

葉片也較細長，花序小，對日照不敏感，整年皆可開花及吐絲，可以利用切莖、分株、種子及芽繁殖，並具有越冬能力，在此之觀察所得與成等[1]及 Iltis et al.[8]等之研究結果類似。

出土後六星期，一年生大芻草、玉米及其雜交種外觀上即有明顯差異存在，一年生大芻草之分櫱數最多；玉米自交系 B77 則沒有分櫱芽；其雜交種具有一個主莖及2～3個分櫱芽，生長較旺盛，抽穗亦早（圖 1），此結果與 Sheng[15]於1974年之發現相同。多年生大芻草、玉米及其雜交種之外觀亦明顯不同，多年生大芻草植株莖稈較細且分櫱芽多；而雜交種僅具有少數（3—4）個分櫱芽，生長較親本高大，外形介於兩親本之間，開花吐絲較早（圖 2）。一年生大芻草、多年生大芻草及其雜交種間作一比較，可看出一年生大芻草生長較旺盛，分櫱芽之莖稈較粗，葉片較大；而多年生大芻草則稍細小，兩者之雜交種生長較二親本差，外觀上與多年生大芻草較相近（圖 3）。

自交系 B77、一年生大芻草 TeA、多年生大芻草 TeP 及其相互間之雜交種之試驗數據經變方分析結果列於表 1，顯示所有調查之八個性狀在品系間均有極顯著之差異。表 2 列有玉米、大芻草及其雜種之八個性狀之平均值，就早期的分櫱數而言，TeA×TeP 及 TeA 最多；其次爲 TeP、B77×TeA 及 B77×TeP 三個表現相近（2.25～2.12）；而玉米並沒有分櫱性。隨著生育推進到開花期，TeA、TeP 及 TeA×TeP 之分櫱數均近於 5 上下；B77×TeA 及 B77×TeP 仍維持其初期之2.3－2.4之間；B77 仍無任何分櫱芽產生。開花及吐絲所需的日數趨勢一致，參試品系中，以 B77 最長；其次爲 TeA×TeP、TeA 及 TeP；B77×TeA 及 B77×TeP 均屬較早開花吐絲者。主莖上著生雌穗之節位數目，B77 僅有 1 個；TeA 及 TeA×TeP 則分別有6.08及6.38個；TeP、B77×TeA 及 B77×TeP 亦屬多穗型。主莖的節數，在品系間差異較不懸殊，14節以上的計有 B77、TeA、B77×TeA 及 B77×TeP；TeP 最少，僅有12.07節。乾物重以 B77×TeA 及 B77×TeP 最突出；B77 及 TeA 介於574—609之間；TeP 及 TeA×TeP 則相對的小了許多。B77×TeA 之 CGR 遠大於其他品系；TeP 及 TeA×TeP 之 CGR 值則甚小（0.71～0.73）。

圖 1. 玉米 B77，一年生大芻草 TeA 及其雜交種在出土後六星期之生長情形

Fig. 1. The plants of B77, TeA and their hybrid (at six weeks after emergence).

圖 2. 玉米 B77，多年生大芻草 TeP 及其雜交種在出土後六星期之生長情形

Fig. 2. The plants of B77, TeP and their hybrid (at six weeks after emergence).

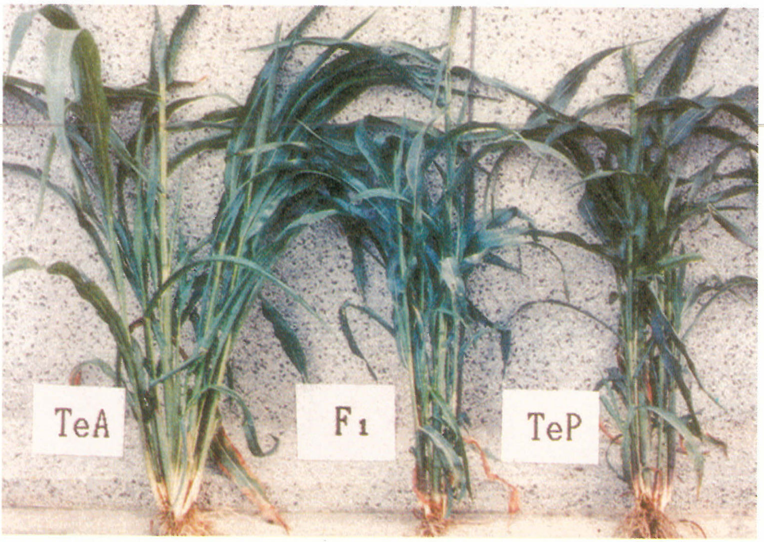


圖 3. 一年生大芻草 TeA，多年生大芻草 TeP 及其雜交種在出土後六星期之生長情形
Fig. 3. The plants of TeA, TeP and their hybrid (at six weeks after emergence).

表 1. 1991年秋作八個性狀之均方值
Table 1. Mean squares of eight traits measured in fall of 1991.

| SOV | DF | TES | TTS | DTT | DTS | EBNMS | NMS | DW | CGR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 0.54 | 0.39 | 0.22 | 0.71 | 0.04 | 1.04* | 1,641* | 0.03* |
| Entry | 5 | 6.00** | 16.82** | 84.20** | 125.78** | 15.66** | 4.40** | 27,358** | 2.36** |
| Error | 15 | 0.22 | 0.42 | 0.56 | 2.51 | 0.11 | 0.29 | 403 | 0.01 |

*, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表 2. 玉米、大芻草及其雜交種八個性狀之平均值
Table 2. Mean of eight traits for maize, teosinte and their hybrids.

| Entry | | TES (no./plant) | TTS (no./plant) | DTT (day) | DTS (day) | EBNMS (no./plant) | NMS (no./plant) | DW (g/10-plant) | CGR (g/plant day) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B77 | | 0 | 0 | 55.25 | 59.75 | 1.00 | 14.85 | 574 | 0.96 |
| TeA | | 3.02 | 5.21 | 48.75 | 52.75 | 6.38 | 14.15 | 609 | 1.02 |
| TeP | | 2.25 | 4.95 | 45.00 | 49.25 | 5.63 | 12.07 | 439 | 0.73 |
| B77×TeA | | 2.12 | 2.40 | 44.75 | 46.00 | 5.42 | 14.05 | 1,566 | 2.65 |
| B77×TeP | | 2.25 | 2.32 | 42.25 | 44.75 | 4.82 | 13.52 | 1,088 | 1.81 |
| TeA×TeP | | 3.60 | 4.82 | 49.00 | 54.25 | 6.08 | 14.92 | 426 | 0.71 |
| LSD | (0.05) | 0.70 | 0.98 | 1.12 | 2.38 | 0.50 | 0.81 | 96 | 0.14 |
| | (0.01) | 0.97 | 1.35 | 1.55 | 3.30 | 0.69 | 1.12 | 132 | 0.20 |

綜合各性狀之表現，可看出 B77×TeA 及 B77×TeP 較大蒭草親本具有較少的分蘗數，較早開花及吐絲，主莖上著生雌穗之節位亦少了許多，而作物生長速率及乾物重則遠較親本大。TeA×TeP 在早期的分蘗數較親本略多，而抽穗期之分蘗數則反而較兩親本少，此或與生育期間部份分蘗芽退化死亡有關[2,16]。TeA×TeP 之開花期及吐絲期較兩親本晚；主莖上含有雌穗之節位稍少於 TeA，但卻顯著多於 TeP；主莖之節數較親本多；而乾物重及 CGR 則較 TeA大，但比 TeP 小。以上初步觀察顯示，栽培種玉米、一年生大蒭草及多年生大蒭草間各性狀之遺傳方式並非十分一致。

另由雜種優勢率觀之（表 3），三個雜交種之平均雜種優勢率，早期分蘗數均為正值，而抽穗期之分蘗數均為負值。開花期及吐絲期之表現，在 B77×TeA 及 B77×TeP 為負值，雜交種較親本有提早開花及吐絲之趨勢；而 TeA×TeP 則顯示具延遲開花之正值。主莖上著生雌穗之節位的雜種優勢均為正值，其中以 B77×TeA 最大， TeA×TeP 為最小。主莖之總節數B77×TeA 為負值，而 B77×TeP 及 TeA×TeP 為正值。CGR 及乾物重方面，B77×TeA 與 B77×TeP 為正值，TeA×TeP 為負值。Frankel[6]指出，由平均雜種優勢率、雜種潛勢率與顯性度之關係，可判斷部份顯性、顯性或超顯性對該性狀雜種優勢所扮演角色的重要性，由表 3 數值得知，早期之分蘗數在 B77×TeA 為部份顯性，而 B77×TeP 為顯性遺傳，TeA×TeP 則為超顯性。抽穗期的分蘗數、開花期、吐絲期、乾物重及作物生長速率的表現則三個雜交組合均為超顯性，而主莖上著生雌穗之節數則均為部份顯性。主莖上之總節數在 B77×TeA 及 TeA×TeP 為超顯性遺傳因子所控制，而在 B77×TeP 為部份顯性。Sehgal[14]認為玉米分蘗性的遺傳控制可能會受到大蒭草豐富的分蘗性所影響；Rood and Major[13]的報告中也指出，玉米植株分蘗數之增加主要由累加性均方所控制，亦即呈現的為部份顯性；本試驗結果則顯示，除 B77×TeA 在早期分蘗數、B77×TeP 之主莖總節數及三個組合之主莖著生雌穗之節數為部份顯性外，其餘各組合之性狀表現則均為顯性或超顯性，此間之差異或與試驗材料及試驗環境之不同有關，此點有待進一步探討。

表 3. 玉米與大蒭草雜交種八個性狀之雜種優勢率 (H1，%)$^y$ 及雜種潛勢率 (H2，%)$^z$
Table 3. Heterosis (H1，%)$^y$ and heterobeltiosis (H2，%)$^z$ for eight traits of maize×teosinte.

| Entry | | TES | TTS | DTT | DTS | EBNMS | NMS | DW | CGR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B77×TeA | $H_1^y$ | 40.4 | −7.9 | −13.9 | −18.2 | 46.9 | −3.1 | 164.7 | 168.5 |
| | $H_2^z$ | −29.8 | −53.9 | −19.0 | −23.0 | −15.0 | −5.4 | 157.1 | 160.9 |
| B77×TeP | $H_1$ | 100.0 | −6.3 | −15.7 | −17.9 | 31.2 | 4.5 | 114.8 | 114.5 |
| | $H_2$ | 0 | −53.1 | −23.5 | −25.1 | −14.3 | −8.9 | 89.5 | 89.4 |
| TeA×TeP | $H_1$ | 36.6 | −5.1 | 4.5 | 6.3 | 1.2 | 13.8 | −18.7 | −18.6 |
| | $H_2$ | 60.0 | −7.5 | 0.5 | 2.8 | −4.7 | 5.4 | −30.0 | −29.9 |
| SE | $H_1$ | 42.1 | 1.4 | 11.2 | 14.0 | 23.2 | 8.5 | 94.8 | 85.4 |
| | $H_2$ | 49.0 | 26.6 | 12.8 | 15.5 | 5.7 | 7.5 | 74.5 | 96.4 |

$^y$ $H_1$ (%) = $(\bar{F}_1-\overline{MP})/\overline{MP}$
$^z$ $H_2$ (%) = $(\bar{F}_1-HP)/HP$

出土後60天，由土表進行青割取樣，並於青割後三星期再調查其再生能力，結果顯示玉米自交系 B77 完全沒有再生能力；一年生大蒭草 TeA 僅有極少植株出現再生芽，且芽長得很小；多年生大蒭草 TeP 大部份植株均有再生芽出現，且單株的再生芽數較多。雜交種方面，B77×TeP 僅少部

份植株出現再生芽，而 B77×TeA 則無任何再生芽出現，此與 Sheng[15]之結果稍有不同，此與大芻草對光照敏感（短日性），以致秋作期間溫度又低或有關係。另外，此期間之營養生長期短，復於開花吐絲期後即進行取樣，對於重要農藝性狀如乾物重、CGR 及其再生與分櫱等性狀也有某種程度之不良影響。

臺灣牧草生產，在夏季充裕而冬季不足之情況下，如何利用玉米及大芻草種源，育成冬季生長旺盛之青飼料作物，是很重要的課題。一年生大芻草子粒內所含抗蟲之重要成分甲硫胺酸（methionine）比玉米高出二倍，而其色胺酸（tryptophane）及離胺酸（lysine）的含量與玉米則無明顯差異[10]；多年生大芻草，具備有多年生及多分櫱性，與玉米雜交產生之雜交種，其植株生長旺盛，且可結實[11]。本研究於秋冬季試驗中，部分玉米與一年生大芻草及多年生大芻草間之雜交種的生長勢、再生能力及抗病蟲性表現都還不錯將來進行青刈玉米品質、產量及對逆境適應性改良工作，利用玉米、一年生大芻草及多年生大芻草間優良特性之相互轉移，或許也是一個頗具潛力之發展途徑。

## 引用文獻


1. 成游貴、羅國棟、諶貽訓。1986。玉蜀黍及大芻草雜交育種。臺灣省畜產試驗所年報 第37頁。
2. 徐麗雲。1988。玉米、大芻草及其雜交種農藝性狀與細胞遺傳學之研究。中華農學會報 新141：19-31。
3. Emerson, R. A. 1924. Control of flowering in teosinte. J. Hered. 15：41-48.
4. Emerson, R. A. 1929. Genetic notes on hybrids of pernnial teosinte and maize. Am. Naturalist 63：289-300.
5. Emerson, R. A., and G. W. Beadle. 1930. A fertile tetraploid hybrid between *Euchlaena perennis* and *Zea mays*. Am. Naturalist 64：190-192.
6. Frankel, R. 1983. Monographs on theoretical and applied genetics, Vol. 6 Heterosis. Spring-Verlag Berlin Heideberg.
7. Iltis, H. H., and J. F. Doebley. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). II. Subspecific categories in *Zea mays* complex and a genetic synopsis. Am. J. Bot. 67：994-1004.
8. Iltis, H. H., J. F. Doebley, R. M. Guzman, and B. Pazy. 1979. *Zea diploperennis* (Gramineae)：A new teosinte from Mexico. Sci. 203：186-188.
9. Mangelsdorf, P. C. 1961. Introgression in maize. Euphytica 10：157-168.
10. Melhus, I. E., F. Aguirre, and N. S. Scrimshaw. 1953. Nutritive value of teosinte. Heredity 44(4)：127.
11. Pasupuleti, C. V., and W. C. Galinat. 1982. *Zea diploperennis* I. Its chromosome and comparative cytology. J. Hered. 73：168-170.
12. Paulis, J. W., and J. S. Wall. 1977. Comparison of the protein composition of selected corns and their wild relatives, teosinte and tripsacum. J. Agric. Food Chem. 25：265-270.
13. Rood, S. B., and D. J. Major. 1981. Inheritance of tillering and flowering time in early maturing maize. Euphytica 30：327-334.
14. Sehgal, S. M. 1963. Effects of teosinte and tripsacum introgression in maize. The Bussey Institution of Harvard University. Cited in Duncan (1975).

15. Sheng, Y. S. 1974. Intergeneric crosses between *Zea mays* and *Euchlaena mexicana* (part I). Taiwan Livestock Res. 7 : 53-56.

16. Sheng, Y. S. 1976. The improvement of teosinte (*Euchlaena mexicana*). Taiwan Livestock Res. 9 : 131-134.

17. Wilkes, H. G. 1967. Teosinte: the closest relative of maize. Bussey Inst., Harvard Univ., Cambridge, MA.

18. Wilkes, H. G. 1972. Maize and its wild relative. Teosinte and tripsacum, wild relative of maize, figured prominently in the origin of maize. Sci. 177 : 1071-1077.

# Studies on the Tillering, Ratoon Ability and Some Agronomic Characteristics in Maize, Teosinte and Their Hybrids[1]

Guang-Jauh Shieh and Hung-Shung Lu[2]


## Summary

Aunual teosinte TeA (*Euchlaena mexicana* 2n=20), perennial diploid teosinte TeP ( *Zea diploperennis,* 2n=20), maize inbred line B77 (*Zea mays,* 2n=20) and their hybrids were used to investigate the inheritance of tillering, ratoon ability and other agronomic characteristics. The results are summaried as follows: TeA had more early stage tillers than TeP, but had similar tiller number at tasseling stage in fall cropping season. The number of ear-bearing-node on the main stalk of B77 was less than that of teosinte. The dry weight measured at 60 days after emergence and crop growth rate (CGR) measured at 30 days after emergence were larger in TeA, while those of TeP were smaller. The tiller number and the number of ear-bearing-node on the main stalk of B77×TeA and B77×TeP were less than those of TeA and TeP, but B77×TeA and B77×TeP had more dry weight and CGR than their parents. TeA×TeP had less CGR and dry weight than their parents. TeP had better ratoon ability following by TeA, while B77 was unable to regrow after being cut in the silking stage. TeA×TeP hybrid had larger ratoon ability following by B77×TeP, but B77×TeA had no ratoon ability.


Key words : Maize (*Zea mays*), Teosinte (*Euchlaena mexicana* and *Zea diploperennis*), Ratoon ability.

1. Contribution No. 1781 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Assistant Agronomist and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.